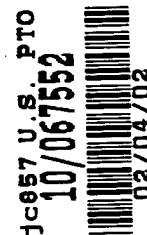


PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

EXPRESS MAIL NO. EL903019102US

Applicant : Kosuke Nishimura, et al.  
Application No. : N/A  
Filed : February 4, 2002  
Title : OPTICAL COUPLING STRUCTURE  
  
Grp./Div. : N/A  
Examiner : N/A  
  
Docket No. : 47590/DBP/T360



LETTER FORWARDING CERTIFIED  
PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

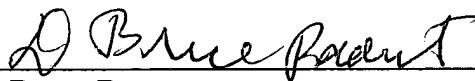
Post Office Box 7068  
Pasadena, CA 91109-7068  
February 4, 2002

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese patent Application No. 2001-029521, which was filed on February 6, 2001, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,

CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By   
D. Bruce Prout  
Reg. No. 20,958  
626/795-9900

DBP/aam

Enclosure: Certified copy of patent application

AAM PAS412580.1-\*2/4/02 10:53 AM

#2

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年 2月 6日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-029521

出 願 人  
Applicant(s):

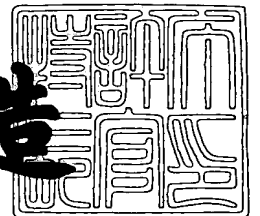
ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社



2001年 9月 5日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3082291

【書類名】 特許願

【整理番号】 SCS01005

【提出日】 平成13年 2月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04L 25/02

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目 1 番 1 5 号株式会社ケイディ  
ディ研究所内

【氏名】 西村 公佐

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目 1 番 1 5 号株式会社ケイディ  
ディ研究所内

【氏名】 宇佐見 正士

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県上福岡市大原二丁目 1 番 1 5 号株式会社ケイディ  
ディ研究所内

【氏名】 高橋 英憲

【特許出願人】

【識別番号】 595162345

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 7 番 1 号

【氏名又は名称】 ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社

【代表者】 岩▲さき▼ 欣二

【代理人】

【識別番号】 100090284

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 常雄

【電話番号】 03-5396-7325

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011073

特 2 0 0 1 - 0 2 9 5 2 1

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9506696

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光結合構造

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平面光導波路と光ファイバとを結合する構造であって、当該平面光導波路の、当該光ファイバと対面する所定長さ部分において当該平面光導波路の横方向及び深さ方向の少なくとも一方の幅を当該光ファイバに近付くに従い小さくすると共に、先端の幅を当該光ファイバのコア径よりも小さくしたことを特徴とする光結合構造。

【請求項 2】 当該所定長さ部分において、当該平面光導波路の横方向の幅を当該光ファイバに近付くに従い細くすると共に、先端の幅を当該光ファイバのコア径よりも小さくした請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 3】 当該平面光導波路が単一モードの光導波路からなり、当該光ファイバが単一モード光ファイバからなる請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 4】 当該平面光導波路の比屈折率差が当該光ファイバの比屈折率差より大きい請求項 1 に記載の光結合構造。

【請求項 5】 当該平面光導波路が石英導波路からなり、当該光ファイバが石英光ファイバからなる請求項 1 に記載の光結合構造。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光回路と光ファイバを相互に光学結合する光結合構造に関し、より具体的には、単一モードの平面光導波路と単一モードの光ファイバを光学的に結合する光結合構造に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

単一の光ファイバ中に波長の異なる複数の光信号を同時に伝送することで、伝送容量を波長の数だけ増やすことができる波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing : WDM) 光通信システムは、近年急速に進展しつつある。

【0003】

それに伴い、異なる波長の光信号を合分波する光デバイス、例えば、2つの異なる波長の信号を合波又は分波するWDM合分波器、数10波長の信号光を一括で合波又は分波するアレイ導波路格子 (Arrayed Waveguide Grating: AWG) の重要度が高まっている。

【0004】

これらの光デバイスは、主に石英光導波路を用いて実現されている。中距離以上の光通信システムでは、低損失伝送が可能なシングルモード伝搬石英光ファイバが伝送路として用いられており、同じ石英系の材料からなる石英光導波路と石英光ファイバは、直接、接合するだけで低損失の光結合が可能であるからである。

【0005】

一般的に、光通信システムに用いられている所謂シングルモードファイバ (Single Mode Fiber: SMF) 及びそれと同様に広く用いられている分散シフトファイバ (Dispersion Shifted Fiber: DSF) のモードフィールド直径 (Mode Field Diameter: MFD) は、共に、 $9.5 \pm 1 \mu\text{m}$ 程度である。

【0006】

このような光ファイバとの結合損失を小さくするには、石英光導波路の導波路パラメータを光ファイバの導波路パラメータと同程度にするのがよいと考えられている。即ち、石英光導波路のコアとクラッドの比屈折率差 $\Delta$ を0.3%程度、コア形状を一边が $8 \mu\text{m}$ 程度の正方形として、MFDを光ファイバのそれと同程度、即ち、 $9.5 \mu\text{m}$ 程度とすることが好ましいと考えられている。

【0007】

これに対して、小型化の要請から、比屈折率差 $\Delta$ が大きくなる傾向にある。WDM合分波器及びAWGなどの石英光導波路デバイスは、曲線導波路を組み合わせた光デバイスである。その曲線導波路の曲げ損失は、曲率半径が小さくなるほど、大きくなる。比屈折率差 $\Delta$ を大きくすることにより、光の閉じ込めが強くなり、その結果、曲率半径を小さくしても曲げ損失が増加しにくくなる。すなわち

、比屈折率差 $\Delta$ を大きくすることにより、デバイス面積を小さくすることができる。

## 【0008】

大面積を要するAWGで波長多重数が32波を超えるようになると、比屈折率差 $\Delta$ を0.6%程度とやや大きめにしても、従来の4インチ径の基板内で所望のAWGデバイスを実現することが難しい。比屈折率差 $\Delta$ を1.5%程度と更に大きくした、所謂、高 $\Delta$ 石英光導波路を採用すると、64波のAWGを4インチ程度の基板内に納めることが可能となる。

## 【0009】

このように比屈折率差 $\Delta$ が大きい石英光導波路のMFDは5 $\mu$ m程度と小さいので、石英光ファイバとの結合損失が大きくなってしまう。このような、曲げ損失と結合損失の相反する関係を解決するために、石英導波路の、光ファイバとの光結合部分のコアの屈折率を下げると共にコア径を大きくする方法が提案されている。それは、熱拡散コア (Thermally Expanded Core ; TEC) 法と呼ばれている。具体的には、石英光導波路と石英光ファイバを接合した後、接合部付近の石英光導波路のコアを紫外線レーザーなどで局所的に加熱し、石英光導波路のコアにドーピングされた元素を拡散させる。これにより、石英光導波路の接合部付近では、コアの屈折率が下がると共にコア径が拡大し、その結果、MFDが大きくなり、結合損失が低下する。

## 【0010】

別の手段として、ホトリソグラフィ法による石英光導波路のコアのパターンニングの際に、石英光導波路のコア幅を接合部付近のみで拡大し、基本モードのMFDが石英光ファイバのMFDに近くなるようにする。

## 【0011】

## 【発明が解決しようとする課題】

TEC法では、石英光導波路と石英光ファイバの接合部毎に最低1回の局所加熱プロセスが必要である。AWGなどのように接合箇所が多数の光デバイスでは、局所加熱プロセス数が増加し、極めて面倒である。また、この方法では、一旦、過剰に加熱してしまうと、その後に修整することが不可能である。

## 【 0 0 1 2 】

コア幅を拡大する従来例では、複数の接合箇所があっても、コアのパターニングにより一括形成が可能である。しかし、接合部では、石英光導波路は、接合部分、すなわちコア径を拡張した部分でマルチモード導波路となっており、高次の横モードが発生することが避けられない。この高次モードに移行した光は、シングルモードの石英光ファイバに結合することができないか、ほとんど結合しないので、結合効率が低くなる。

## 【 0 0 1 3 】

本発明は、複数の接合箇所を一括形成でき、且つ、高い結合効率を達成する光結合構造を提示することを目的とする。

## 【 0 0 1 4 】

本発明はまた、高 $\Delta$ の石英光導波路を単一モード光ファイバに高効率に光結合する光結合構造を提示することを目的とする。

## 【 0 0 1 5 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光結合構造は、平面光導波路と光ファイバとを結合する構造であって、当該平面光導波路の、当該光ファイバと対面する所定長さ部分において当該平面光導波路の横方向及び深さ方向の少なくとも一方の幅を当該光ファイバに近付くに従い小さくすると共に、先端の幅を当該光ファイバのコア径よりも小さくしたことを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

このような構成により、平面光導波路と光ファイバとを高い効率で光結合できる。当該平面光導波路の横方向及び深さ方向の少なくとも一方の幅を当該光ファイバに近付くに従い細くすればよいので、比較的簡単に形成できる。特に、当該平面光導波路の横方向の幅を当該光ファイバに近付くに従い細くするのは、極めて容易であり、多数の光結合部が必要な場合でも一括形成が可能であり、安価に形成可能である。

## 【 0 0 1 7 】

当該平面光導波路が単一モードの光導波路からなり、当該光ファイバが単一モ



ード光ファイバからなる場合に、より有益である。

【0018】

当該平面光導波路の比屈折率差が当該光ファイバの比屈折率差より大きい場合でも、テーパ構造が両者の伝搬定数を接近させる作用を果たし、光結合を容易にする。その結果、高 $\Delta$ の平面光導波路を利用できるようになるので、それを使用する光デバイスを小型化できる。

【0019】

【実施例】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を説明する。

【0020】

図1は、本発明の一実施例の斜視図を示し、図2(A)は、図1のA-A線の断面図(中央断面図)を示し、図2(B)は図1のB-B線から見た断面図(横断面図)を示す。理解を容易にするために、図1では、導波路のコア部分を実線で示し、それ以外を破線で示してある。

【0021】

石英光導波路10のコア12は、本来、深さ及び幅が $4.5\mu\text{m}$ の矩形であり、石英ファイバ20のコア22は直径が $9\mu\text{m}$ である。本実施例では、石英光導波路10及び光ファイバ20は共に、単一モードの光導波路である。石英光導波路10のコア12の屈折率は1.4657で、クラッド14の屈折率は1.4440である。従って、比屈折率差 $\Delta$ は約1.5%である。石英光ファイバ20のコア22の屈折率は1.4488で、クラッド24の屈折率は1.4440である。従って、その比屈折率差 $\Delta$ は約0.33%である。

【0022】

石英光導波路10の側面で、石英導波路10のコア12と石英光ファイバ20のコア22は対面している。本実施例では、石英光導波路10の、光ファイバ20に接する約 $1000\mu$ の長さ部分16で、コア12は、図2(B)に示すように、横幅方向でテーパ状に細くなる。そのテーパ部16も、図2(A)に示すように、厚み方向では一定のコア幅になっている。コア12の先端の横幅は、例えば $0.5\mu\text{m}$ である。コア12の、このような横方向面内でのテーパ形状は、石

英基板上にコア 1 2 を形成する際に、ホトリソグラフ法で容易に形成できる。

### 【 0 0 2 3 】

石英光導波路 1 0 を伝搬する信号光のフィールド径は、テーパ部 1 6 を進行するに従い、小さくなる。図 3 は、各部での幅方向及び厚み方向のフィールド分布を示す。これから、幅方向でフィールド径が非常に小さくなっていることが分かる。図 3 (A), (B), (C) は厚み方向内でのフィールド分布を示し、同 (D), (E), (F) は、横幅方向のフィールド分布を示す。縦軸は、相対的な光強度を示し、横幅は距離の相対値を示す。

### 【 0 0 2 4 】

図 4 は、コア 1 2 の先端の横幅を変化させた場合の、TE モードの光ファイバ 2 0 への結合損失を示す。横軸は、コア 1 2 の先端部の横幅を示し、縦軸は結合損失を示す。いうまでもないが、結合損失が小さいほど好ましい。図 4 から容易に理解できるように、コア 1 2 の先端の横幅を小さくする程、結合損失が少なくなり、0.5 dB 以下の結合損失も容易に実現できている。

### 【 0 0 2 5 】

図 4 では、コア 1 2 の先端の横幅が  $12\ \mu\text{m}$  付近である場合に、結合損失の極小値が存在する。その結合損失は 1.02 dB、即ち、20.9% の損失である。これは、コア径を大きくする従来例における高次モード変換による結合損失の最小値に相当する。これに対し、コア 1 2 の先端の横幅を  $2\ \mu\text{m}$  以下に少なくしても結合損失は減少し、特に、 $0.5\ \mu\text{m}$  以下で結合損失は 0.40 dB、損失にして 8.8% となり、非常に小さくなる。これ以上、コア 1 2 の先端横幅を小さくすると、エッチング時の先端の変形や欠損が発生し易くなり、パターンニングによる形成が困難になるので、実質的には、この 0.40 dB が最小の結合損失である。勿論、製造技術の向上により、コア 1 2 の先端横幅を小さく出来れば、結合損失がより小さくなる可能性がある。

### 【 0 0 2 6 】

横幅及び深さ方向共に同じ値のコア 1 2 では、光はシングルモードで伝搬し、その時のモードフィールド径は約  $5\ \mu\text{m}$  である。テーパ部 1 6 では、コア 1 2 の横幅が徐々に減少しているので、光は徐々に放射モードに移行する。テーパ部 1

6の長さが $1000\mu\text{m}$ と十分に長いので、基本導波モードから放射モードへの移行は断熱的 (a d i a b a t i c) に起こり、そのモード変換による損失は極めて小さい。放射モードは、コア12内に閉じ込められないので、徐々にそのMFDが大きくなる。図3に示すように、伝搬光のフィールドパターンは幅方向と厚み方向で僅かに違いが発生するが、共に、略ガウス分布で近似できる形を保つ。テーパ部16の先端では、MFDは幅及び厚み方向の平均値で約 $9.0\mu\text{m}$ となり、光ファイバ20のMFDである約 $9.5\mu\text{m}$ に近い値となっている。テーパ部16の形状は、左右及び上下とも対称形であるので、放射モードの進行方向自体は、導波モードのそれと一致しており、ほとんど全ての光が放射モードに移行した後も、光の進行方向は変化しない。これらが、図4に示すように、コア12の先端幅を極度に小さくする程、結合損失が少なくなる理由であると考えられる。

## 【0027】

即ち、コア12の先端を更に細く加工した場合、コア12を伝搬する光は、最終的に放射モードとして外部に放射される。通常、石英光導波路10の側面を光ファイバ20の端面に密着させるので、図4からも、光ファイバ20への結合損失を大きくすることはないと推測される。

## 【0028】

図5は、光路長の異なる非対称マッハツェンダ干渉計からなる平面光回路と光ファイバとの光結合に本実施例を適用した場合の平面図を示す。30は石英基板上に主として石英で形成される平面光回路であり、その両端面に光ファイバ32, 34, 36, 38が当接する。平面光回路30の端面近辺で、平面光回路30のコアを、図1及び図2に図示したようなテーパ形状に加工しておく。

## 【0029】

図5に示すような干渉型平面光回路30以外にも、アレイ導波路格子の入力部及び出力部にも本実施例を適用できることは明らかである。特に、AWGのように大面積が必要な石英光導波路と多数の石英光ファイバを接合する必要がある光回路モジュールでは、より大きな効果を得ることができる。平面光回路を積層した多層の平面光回路に本実施例を適用することもまた、明らかである。

【0030】

本実施例では、高 $\Delta$ の平面光導波路からシングルモード光ファイバに高い結合効率で光を入射できる。

【0031】

【発明の効果】

以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、非常に簡単な構造でありながら、高い結合効率で平面光導波路からシングルモード光ファイバに光を入射できるようになる。

【0032】

平面光導波路のコアを横方向、即ち平面光回路の平面内で細くすることにより、非常に簡単に平面光導波路のコア先端部分をテーパ状に細くすることができる。簡単な方法で光導波路の先端部分をテーパ状に加工できる。

【0033】

平面光導波路の比屈折率差が光ファイバの比屈折率差より大きい場合でも、テーパ構造が両者のモードフィールド径を接近させる作用を果たし、光結合を容易にする。その結果、高 $\Delta$ の平面光導波路を利用できるようになるので、それを使用する光デバイスを小型化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の主要要素の斜視図である。

【図2】 (A)は図1のA-A先から見た縦断面図、(B)は図1のB-B線から見た横断面図である。

【図3】 光導波路10の横方向及び厚み方向のフィールド分布の変化を示す模式図である。

【図4】 本実施例の結合損失の測定例である。

【図5】 非対称マッハツェンダ干渉計からなる平面光回路と光ファイバとの光結合に本実施例を適用した場合の平面図である。

【符号の説明】

10：石英光導波路

12：コア

1 4 : クラッド

1 6 : テーパ部

2 0 : シングルモード光ファイバ

2 2 : コア

2 4 : クラッド

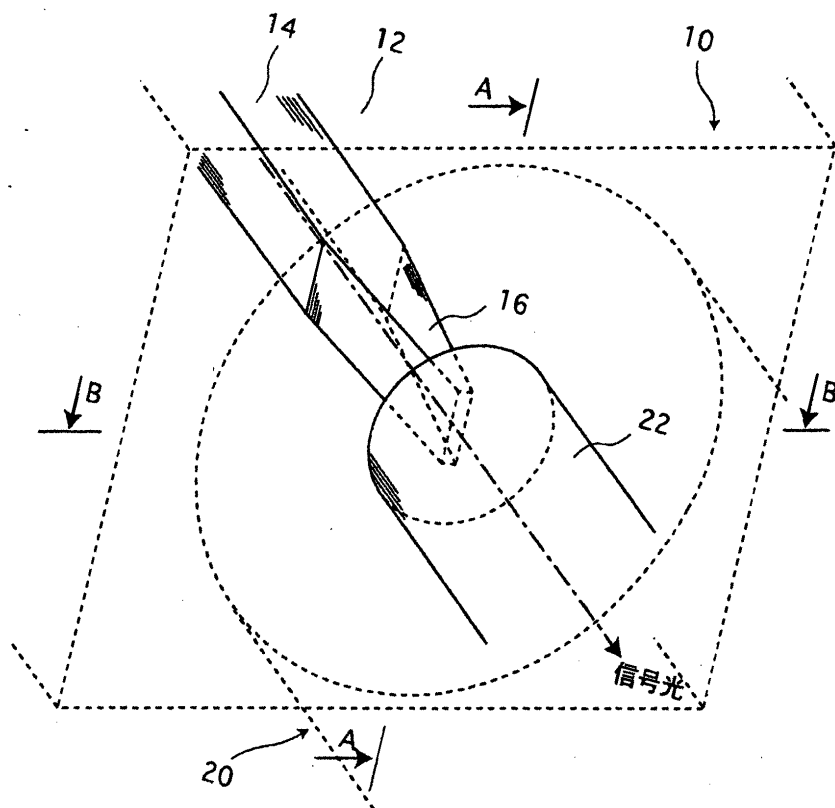
3 0 : 平面光回路

3 2 , 3 4 , 3 6 , 3 8 : 光ファイバ

【書類名】 図面  
【図1】

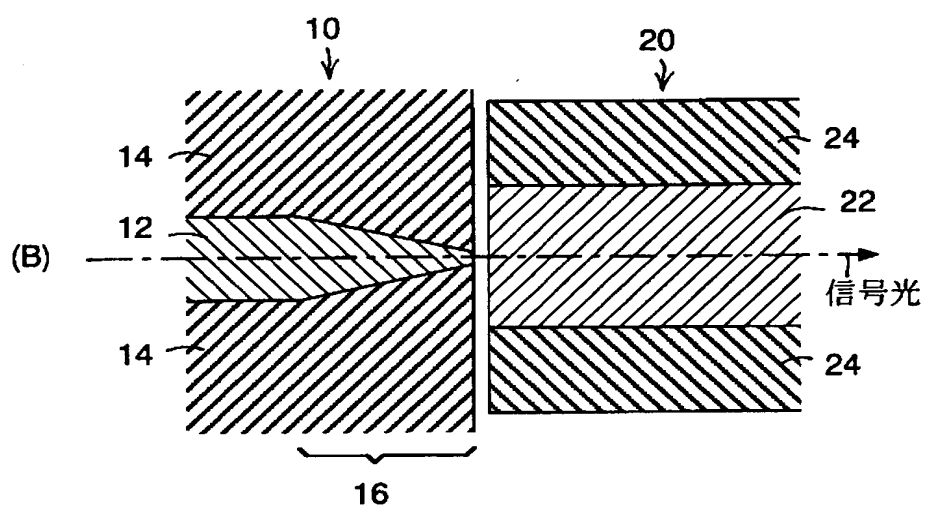
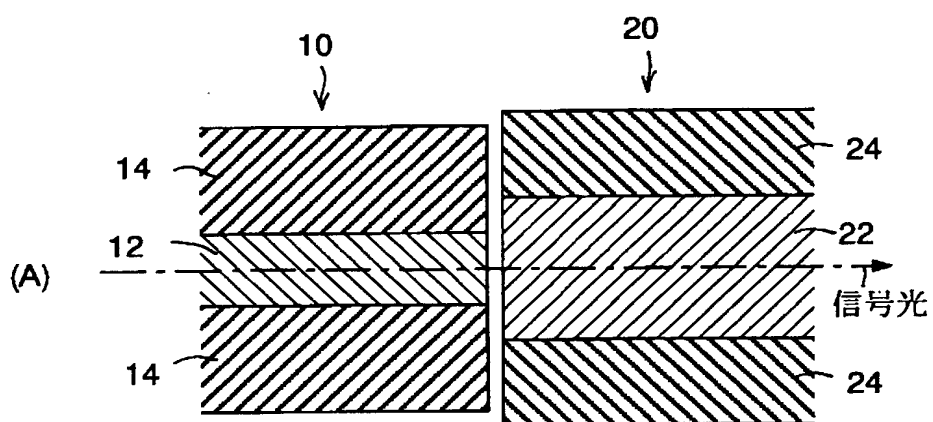
【書類名】 図面  
【図1】

【图 1】

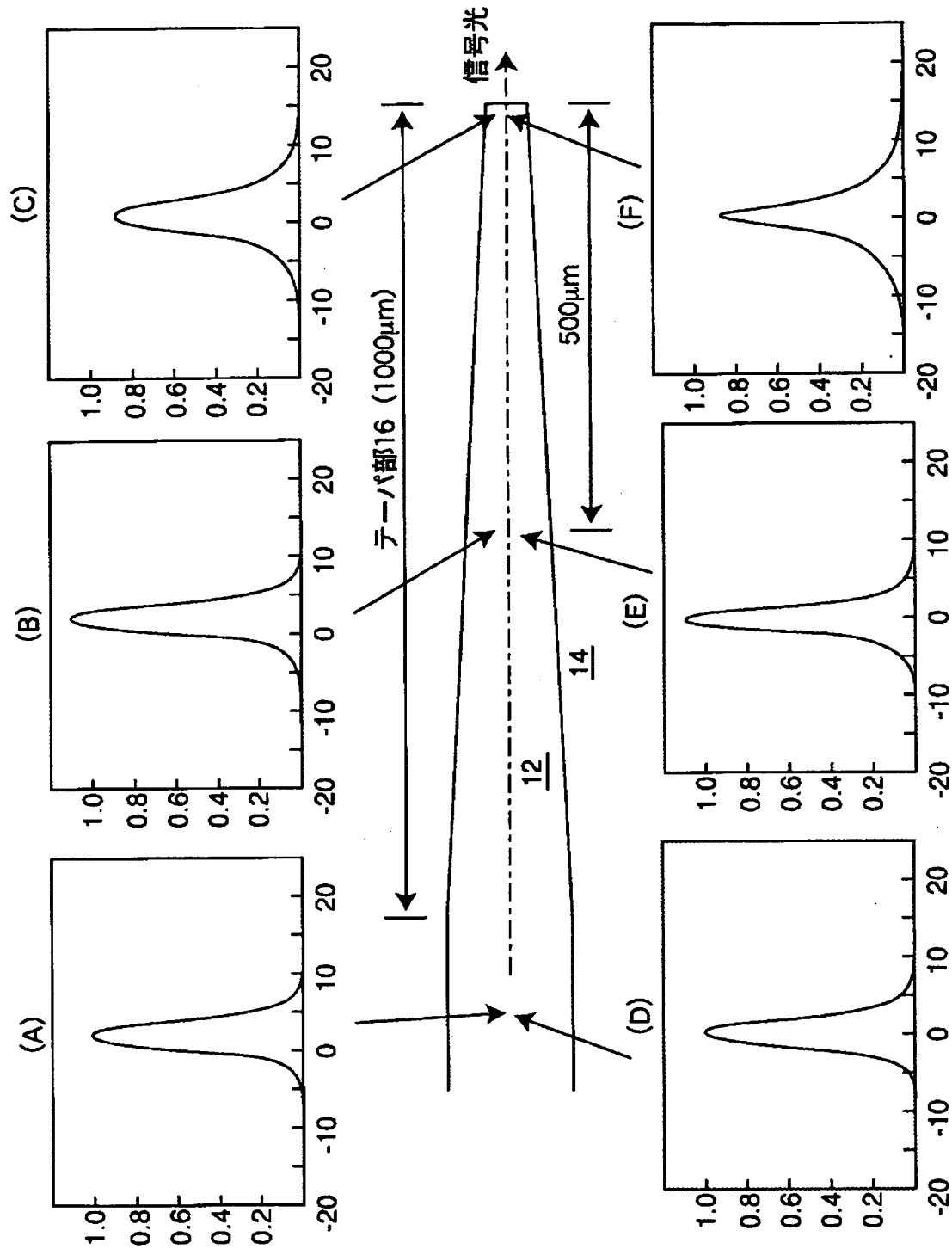


出証特 2001-3082291

【图 2】

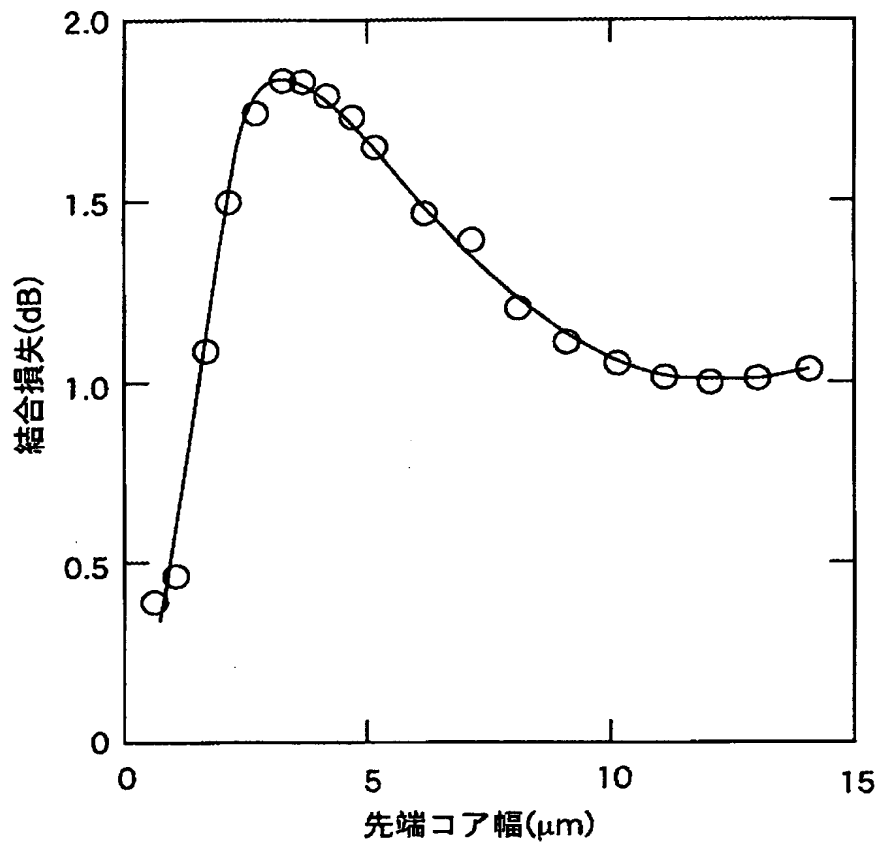


【図 3】

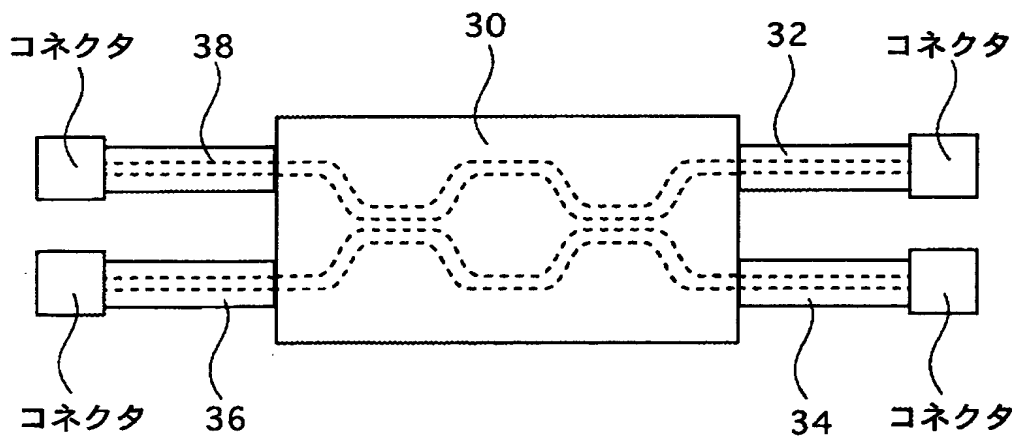




【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高 $\Delta$ の石英光導波路と単一モード光ファイバの結合効率を改善する。

【解決手段】 石英光導波路 1 0 は単一モード光導波路であり、そのコア 1 2 は元々、矩形である。石英光導波路 1 0 の、光ファイバ 2 0 に接する所定長さ部分 1 6 で、コア 1 2 の横幅がテーパ状に細くなる。そのテーパ部 1 6 で、コア 1 2 の厚み幅は不変である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [595162345]

1. 変更年月日 2000年 8月15日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都新宿区西新宿3丁目7番1号

氏 名 ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社